

# Method for compensation for Raman effect by pumping in wave division multiplex communication system

Publication number: CN1279549

Publication date: 2001-01-10

Inventor: BUERGE T (FR); HAMMAND J-P (FR); GAUCHARD S (FR)

Applicant: CIT ALCATEL (FR)

Classification:

- international: G02F1/35; H01S3/06; H01S3/10; H01S3/30; H04B10/16; H04B10/17; H04B10/18; H04J14/00; H04J14/02; G02F1/35; H01S3/06; H01S3/10; H01S3/30; H04B10/16; H04B10/17; H04B10/18; H04J14/00; H04J14/02; (IPC1-7): H04J14/02; H04B10/12

- european: H04B10/18C

Application number: CN20001024150 20000609

Priority number(s): FR19990007324 19990610

Also published as:



EP1059747 (A1)



JP2001027770 (I)



FR2796783 (A1)



CA2309789 (A1)

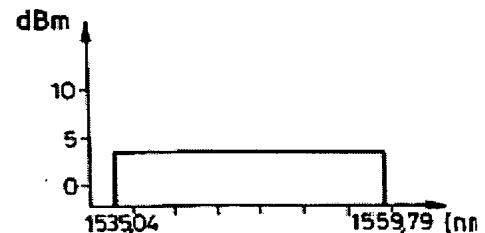
[Report a data error](#)

Abstract not available for CN1279549

Abstract of corresponding document: **EP1059747**

Short wavelength pump signals about 15 THz higher in frequency than the wavelength multiplexed signals in the guide are injected in either direction into the guide. This corrects the Raman resonance induced gain slope (4), by making use of the effect that Raman slope depends only on total power injected.

FIG\_2



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl'

H04J 14/02

H04B 10/12

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00124150.8

[43] 公开日 2001 年 1 月 10 日

[11] 公开号 CN 1279549 A

[22] 申请日 2000.6.9 [21] 申请号 00124150.8

[30] 优先权

[32] 1999.6.10 [33] FR [31] 9907324

[71] 申请人 阿尔卡塔尔公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 赛巴斯蒂恩·比格 简-皮乐·哈迈德  
斯特凡·高查德[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
务所

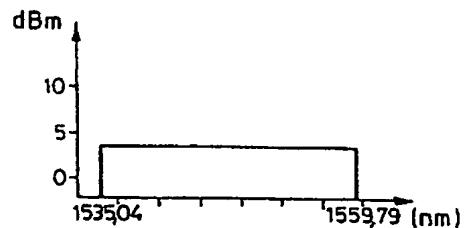
代理人 马浩

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 在波分复用传输系统中通过抽运对拉曼  
效应补偿的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种波分复用光纤传输系统；在这样一些系统中，受激拉曼效应的放大作用在各个复用的信道之间引起了增益的变化，确切地说引起了增益倾斜。为了校正这一倾斜，本发明提出将一个或多个泵注入到系统中，泵的波长小于复用的信道的波长，使得泵拉曼增益对所述倾斜进行校正。



ISSN 1008-4274

FP02-0851-
00CN-SE
06.8.18
CA

# 权 利 要 求 书

1. 一种波分复用光纤传输系统，它包括一根在一定波长范围内传播信号的光纤，和一些注入装置，它们将波长小于所述范围的至少一个泵注入到光纤中，该泵的波长和能量要选择成能够对因受激拉曼效应放大作用而在所述频率范围内的信号上引起的倾斜进行校正。
2. 根据权利要求 1 的系统，其特征在于：所述波长范围的最低波长与泵的波长之间的偏差在 10 和 15THz 之间。
3. 根据权利要求 1 或 2 的系统，其特征在于：注入装置在所述信号的传播方向上将泵注入。
4. 根据权利要求 1 或 2 的系统，其特征在于：注入装置在所述信号的传播方向的相反方向上将泵注入。
5. 一种在光纤中传播所述信号时，用来对因受激拉曼效应放大作用而在波分复用光纤传输系统的信号上引起的倾斜进行校正的方法，它包括将波长小于所述信号波长的至少一个泵注入到光纤中。
6. 根据权利要求 5 的方法，其特征在于：所述信号的最低波长与泵的波长之间的偏差在 10 和 15THz 之间。
7. 根据权利要求 5 或 6 的方法，其特征在于：在所述信号的传播方向上将泵注入。
8. 根据权利要求 5 或 6 的方法，其特征在于：在所述信号的传播方向的相反方向上将泵注入。

# 说 明 书

## 在波分复用传输系统中通过抽运 对拉曼效应补偿的方法

5

本发明涉及光纤传输领域。更确切地说是涉及波分复用光纤传输领域。

波分复用能够大大提高光纤传输系统的容量。可是，拉曼效应或确切说是受激拉曼效应 (SRS, 是英文“Stimulated Raman Scattering”受激拉曼散射的首字母的缩写词) 的放大作用有一个重要的极限；例如 G. P. Agrawal 在 10 Academic Press 1980 中发表的文章“非线性光纤”就有对该效应的描述。对于一个波分复用传输系统来说，拉曼效应引起传输后的增益偏移或频谱倾斜（英文叫做“tilt”）。换句话说，在传播开始时，一个具有许多能量基本相等的信道的频谱，在传播之后，由于拉曼效应，具有的能量较弱，而对于波长信道来说是最小的。解决这一问题的已知方法在于对所用放大器的增益进行调整。然而这一方法在可能的校正范围内受到限制。 15

在 Electronics Letters, vol. 34 n°14(1998) 的第 789 – 790 页中，N. Zirngibl 发表的文章“大规模波分复用传输系统中的拉曼增益效应的分析模型 (Analytical model of Raman gain effects in massive wavelength division multiplexed transmission systems)” 提出了一种拉曼增益效应的模型，文章 20 指出，由受激拉曼效应的放大作用感应的频谱失真只取决于注入的总能量，而不取决于该能量的频谱分布。

例如 S. Bigo 等人于 1999 年 2 月 21 – 26 日在 OFC'99 paper WJ7 上发表的文章“在不同类型光纤基础结构的 WDM 结构上的受激拉曼散射研究 (Investigation of stimulated Raman scattering on WDM structures over various types of fiber infrastructures)” 中就描述了这种频谱倾斜。该文献对受激拉曼效应的放大作用的结果进行了测量，但没有提出解决该问题的办法。 25

1996 年 12 月，D. N. Christodoulides 和 R. B. Jander 在 IEEE Photonics Technology Letter, vol. 8 n°12 的第 1722 – 1724 页中发表的文章“在波分复用系统中受激拉曼串话的形成 (Evolution of Stimulated Raman Crosstalk in 30

wavelength division multiplexed systems)" 提出了一种由波分复用传输系统中各个不同的信道间的拉曼效应所引起的串话的数字模型. 该文献使用了在多路复用上拉曼增益分布的三角形近似值.

在 Electronics Letters, vol. 20 n°2(1984) 的第 58 - 59 页中, A. R. Chraplyvy 发表的文章 "由于受激拉曼散射而在多信道波分复用系统中造成的光功率极限 (Optical power limits in multi-channel wavelength division multiplexed systems due to Stimulated Raman Scattering)" 也提出了一种在波分复用传输系统中拉曼增益的三角形近似值; 确切地说, 在该文献中所提供的模型能够用来对受激拉曼效应的放大作用感应的极限值进行估算. 该文献没有提出解决这些由放大作用引起的问题的办法.

在 Electronics Letters, vol. 34 n°14(1998) 的第 1417 - 1418 页中, T. Sylvestre 等人发表的文章 "在单模光纤中双频抽运条件下的受激拉曼抑制 (Stimulated Raman suppression under dual-frequency pumping in single mode fibers)" 描述了一种对受激拉曼效应放大作用的抑制实验线路, 通过一种单模光纤的抽运作用防止极化, 它使用了频率偏移为由拉曼效应的光纤中引起的频移的两倍的两个隔开的泵.

因此需要一种能够解决由于受激拉曼效应放大作用而在波分复用传输系统中引起的频谱倾斜问题的简单而有效的解决办法.

本发明的任务在于提出一种解决这一问题的方法. 它实施简单, 就是在现有网络中也不会给传输造成损失.

更确切地说, 本发明提出了一种波分复用光纤传输系统, 它包括一根在一定波长范围内传播信号的光纤, 和一些注入装置, 它们将波长小于所述范围的至少一个泵注入到光纤中, 该泵的波长和能量要选择成能够对因受激拉曼效应放大作用而在所述频率范围内的信号上引起的倾斜进行校正.

优选的是, 所述波长范围的最低波长与泵的波长之间的偏差在 10 和 15 THz 之间.

在一种实施形式中, 注入装置在所述信号的传播方向上将泵注入.

在另一种实施形式中, 注入装置在所述信号的传播方向的相反方向上将泵注入.

本发明还提出一种在光纤中传播所述信号时, 用来对因受激拉曼效应放大

作用而在波分复用光纤传输系统的信号上引起的倾斜进行校正的方法，它包括将波长小于所述信号波长的至少一个泵注入到光纤中。

优选的是，所述信号的最低波长与泵的波长之间的偏差在 10 和 15THz 之间。

在一种实施形式中，在所述信号的传播方向上将泵注入。

5 在另一种实施形式中，在所述信号的传播方向的相反方向上将泵注入。

下面将借助附图并且对以实例形式给出的本发明实施形式进行说明，来展示本发明的其他特征和优点，其中：

图 1 是描述拉曼增益的示意图；

图 2 是本发明波分复用传输系统中的输入频谱的示意图；

10 图 3 是本发明传输系统中的输出频谱的示意图；

图 4 是图 3 传输系统中的输出频谱的示意图，但没有抽运信号存在；

本发明的目的是为了对由受激拉曼效应的放大作用而引起的频谱倾斜进行补偿，将一个泵注入到传输系统中，该泵的波长小于波分复用传输所使用的波长。

该泵的受激拉曼效应放大作用能够对传输系统波长范围内的增益倾斜进行  
15 校正。

图 1 摘自 R.H. Stolen 的文章 (R.H. Stolen, proc. IEEE, 68, 1232(1980)), 该图 1 显示了拉曼增益的示意图；纵坐标表示增益，单位为  $10^{-13} \text{ m/W}$ 。横坐标轴给出的是相对注入信号波长的频谱偏移，单位为 THz。该附图显示出，增益的斜率首先是正的，一直到偏移为 13THz，而随后变成负的。可以看到上面提到的三角形。对于超过 20THz 的偏移，拉曼增益是很弱的 - 小于  $0.2 \times 10^{-13} \text{ m/W}$ 。

在一个波分复用系统中，每一个复用信道都会引起这种形状的增益。所述增益的倾斜结果处于变化状态。为了减轻这种倾斜，本发明提出将一个泵注入到光纤中，该泵的波长小于复用的最小波长。

25 泵的选择要使得由该泵所感应的受激拉曼效应的放大增益能够对在复用信道上由受激拉曼效应的放大作用所引起的倾斜进行补偿。泵的能量及其频谱的选择要根据复用信道的频谱布局和待校正的倾斜来进行。所得结果 - 倾斜的校正 - 可以根据信号的频谱进行测量，如图 3 和 4 所示的。

例如可以放置一个波长小于复用的信道的最小波长大约为 13THz 的泵。这样，由该泵引起的拉曼增益的峰值明显与第一复用信道的波长相对应，而该泵的

拉曼增益在所有第一复用信道上则是逐渐下降的。这种逐渐下降是有利的，因为它能更好地对拉曼增益所引起的倾斜进行校正。

一个这样的泵能够在所有第一复用信道上、在超过第一信道的波长的大约 7THz 或 50nm 的频率上对由于受激拉曼效应的放大作用而引起的倾斜进行校正。

为完成这一校正工作，可以安排其他波长比较接近第一复用信道波长的泵。在泵的频谱位置和其各自能量上起作用的同时，能够产生适当的校正，不仅在超过第一信道的波长 7THz 的范围上，而且直到大约超过第一复用信道的波长 20THz。

对于一个信道范围在 1530 和 1560nm 之间的传统波分复用传输系统来说，  
10 同样可以放置波长范围在 1400 和 1450nm 之间泵，也可以选择波长在 10 和 15THz 之间低于复用的最低波长的泵。

可以在连接状态与波分复用信号同时将泵注入。也可以在信号前或信号后将其注入。在这种情况下，该泵是共一传播的。对一些在信号的相反方向上进行传播的反向传播泵来说，也出现了拉曼效应；本发明可以使用带有这种反向传播泵的。在这种情况下，所述泵例如在连接完成时注入，此外还对倾斜进行校正，  
15 同时在复用的最低波长信道上增加增益。

优选的是，连接线路中泵的注入地点的选择要能对该泵在多路复用上所感应的拉曼效应进行限幅，并能对多路复用的固有拉曼效应进行限幅。换句话说，  
20 有利的是，通过在多路复用内部的拉曼效应，由泵在复用的最小波长上所感应的增益不或几乎不从最小波长转移到最长的波长上。一种对此的解决办法在于当复用的信号的能量降低时将泵注入。于是可以有利地利用一个处于连接完成时的反向传播泵；还可以利用一个偏置的共同传播泵，该泵处于连接完成时或连接开始时。

为了产生所述泵并将其注入到光纤中，使用了一些本身已知的装置，例如，  
25 激光器、耦合器、多路复用器、环行器和其他装置。

本发明就是这样很简单地能够对由受激拉曼效应的放大作用而引起的倾斜进行校正，由于本发明，因此不需要改变放大器的增益，或是设置校正滤波器。提出的这一解决办法避开了校正滤波器在放大器噪声方面的影响。与现有基于滤波器的解决办法相比，本发明还保证了一个附加增益，这就减小了系统中的噪声。

30 累积

图 2 显示的是在本发明具有 32 个信道的一个波分复用传输系统中的输入频谱的示意图；纵坐标表示能量 dB，横坐标表示波长 nm。复用的各个信道都具有差不多相等的能量，在图 2 所示的实例中规定为 3dBm。使用了一个共同传播泵，其波长为 13THz 低于复用的最低信道的波长。要对该泵的能量进行调整以便能对因受激拉曼效应放大作用而在第一信道上引起的倾斜进行校正。在本实例中，泵的能量在传输光纤中等于 20dBm。

图 3 和 4 表示本发明传输系统中，有和没有泵送信号的输出频谱的示意图。纵坐标表示的是就任意能量基准计算出的能量 dB，横坐标表示的是波长 nm。图 3 和 4 的频谱是在图 2 所示频谱的信号传播之后获得的，传播是在 100km 传统线路的光纤中进行的。没有泵时，在图 4 上可以看到最小波长与最高波长信道之间的能量差为 1.2dB。当有泵存在时，它减小至 0.08dB，如图 3 所示；在这种情况下，所述泵是一个 1439nm 的泵，能量为 20dBm。有泵存在时，经过信道的能量在离开光纤时大约高出 3dB。在多段光纤系统中，这一光信号在接续增音机的入口处注入。较有利的是，它明显改善了在连接完成时的信噪比，因此也明显改善了误码率。

当然，本发明不限于所述实例和实施形式，而且本领域普通技术人员可得到许多变化形式。不仅可以在通路末端注入泵，而且通常可以在通路的所有位置上注入泵。还可以在两个通路末端使用泵。

在没有增音机的线路上应用本发明与在有增音机的线路上用在两个增音机之间的一段或每一段上是一样的。

## 说 明 书 附 图

